

Kalibrasi dan penggunaan sistem kamar pengion untuk pengujian radionuklida



© BSN 2005

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang menyalin atau menggandakan sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun dan dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN
Gd. Mangala Wanabakti
Blok IV, Lt. 3,4,7,10.
Telp. +6221-5747043
Fax. +6221-5747045
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar isi

Daftar isi	i
Prakata	ii
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan normatif	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Prosedur	2
4.1 Umum	2
4.2 Kalibrasi awal	2
4.3 Sumber standar	3
4.4 Pengujian	3
4.5 Pengujian kinerja	4
4.6 Keakuratan dan kedapatulangan	4
5 Sumber kesalahan	5
6 Hal-hal yang perlu diperhatikan	5
6.1 Pengujian radionuklida dimana tidak ada standar atau penyetelan kalibrasi	5
6.2 Efek ketidaklinieran	5
6.3 Pengotor radionuklida	6
6.4 Pemancar partikel beta	6
6.5 Pemancar foton energi rendah	6
6.6 Radionuklida gas terlarut	7
6.7 Penempelan (<i>plate out</i>) radionuklida	7
6.8 Sumber simulasi	7

Prakata

Standar Nasional Indonesia *Kalibrasi dan penggunaan sistem kamar pengion untuk pengujian radionuklida* disusun oleh Panitia Teknik Instrumentasi Nuklir dan Peralatan Laser (45 E)

SNI ini menetapkan kinerja alat dan dapat digunakan untuk uji fungsi agar pabrikan, distributor dan pengguna dapat melaksanakan pengujian sesuai dengan prosedur dalam standar ini.

SNI ini merupakan adopsi identik dengan metode terjemahan dari IEC 6-1145-1992 *Calibration and Usage of Ionization Chamber Systems for assay of Radionuclides* dan telah dikonsensuskan pada tanggal 21 Oktober 2003 di Serpong – Tangerang.



Kalibrasi dan penggunaan sistem kamar pengion untuk pengujian radionuklida

1 Ruang lingkup

Standar ini mencakup teknik untuk kuantifikasi aktivitas radionuklida yang telah diketahui dengan menggunakan salah satu dari berbagai kamar pengion yang pada saat ini tersedia untuk tujuan ini. Aplikasi standar ini terbatas pada instrumen yang menggunakan kamar pengion tipe sumur (*well-type*) sebagai detektornya.

Standar ini menyediakan suatu metode untuk mendapatkan pengukuran yang akurat dalam rentang $\pm 10\%$ dan kebolehulangan sampai $\pm 5\%$ (biasanya untuk sumber lebih dari $3,7 \times 10^6$ Bq (100 μ Ci)).

2 Acuan normatif

Dokumen normatif berikut berisi ketentuan melalui referensi di dalam teks ini, merupakan ketentuan dari standar ini. Pada saat publikasi, edisi yang ditunjukkan masih berlaku. Semua dokumen normatif dapat direvisi, dan para pihak yang terlibat dan menyetujui standar ini dianjurkan untuk menyelidiki kemungkinan penerapan edisi-edisi paling baru dari dokumen-dokumen normatif yang ditunjukkan di bawah.

IEC 50(391): 1975, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) - Chapter 391: Detection and measurement of ionizing radiation by electric means*.

IEC 583: 1977, *Dimensions of test tubes made of glass or plastics for radioactivity measurements*.

IEC 583 A: 1981, *First supplement*.

3 Istilah dan definisi

Untuk tujuan standar ini, diberlakukan definisi berikut ini:

3.1

keakuratan

keakuratan, biasanya dijelaskan dalam pengertian ketidakpastian menyeluruh, yaitu perkiraan semua penyimpangan yang mungkin dari nilai yang dinyatakan. Dalam standar ini, ketidakpastian menyeluruh adalah tiga kali nilai akar kuadrat rata-rata dari gabungan komponen-komponen kesalahan seperti dirinci di dalam butir 5 dan ketidakpastian acak dari pengukuran. Semua ketidakpastian sebaiknya diperkirakan sebagai deviasi standar

3.2

aktivitas

hasil bagi dN terhadap dt , dimana dN adalah nilai harapan jumlah transisi nuklir spontan dari tingkat energi tersebut dalam interval waktu dt . $A = dN/dt$ (nilai mutlak). [IEV 391-03-01, dimodifikasi]

3.3

kalibrasi

proses penentuan hubungan numerik, dalam ketidakpastian menyeluruh yang telah dinyatakan, antara keluaran yang diamati dari sistem pengukuran dan nilai yang didasarkan pada sumber standar, dari besaran fisik yang sedang diukur

3.4

harus

menunjukkan kondisi yang perlu atau penting untuk memenuhi persyaratan standar ini

3.5

seharusnya

menunjukkan rekomendasi yang bersifat anjuran yang dapat diterapkan apabila memungkinkan

3.6

sumber simulasi

sumber simulasi biasanya mengandung radionuklida berumur panjang, tunggal atau kombinasi, yang dipilih untuk simulasi, berupa foton atau emisi partikel, radionuklida umur pendek yang menjadi perhatian

3.7

sumber standar

istilah umum yang digunakan untuk mengacu pada sumber standar yang disebut di bawah ini

3.7.1

sumber standar radioaktivitas bersertifikat

suatu sumber radioaktivitas yang telah dikalibrasi di laboratorium yang diakui sebagai laboratorium yang telah distandardisasi secara nasional untuk pengukuran radioaktivitas dan telah diberi sertifikat oleh laboratorium tersebut

3.7.2

sumber standar radioaktivitas mampu telusur

suatu sumber radioaktivitas yang telah dikalibrasi dengan membandingkannya dengan sumber standar radioaktivitas yang telah bersertifikat atau dengan sumber standar radioaktivitas yang mampu telusur lainnya dari jenis radionuklida yang sama

4 Prosedur

4.1 Umum

Instrumen harus dipasang dan dioperasikan sesuai dengan petunjuk dari pabrikan.

4.2 Kalibrasi awal

Kalibrasi awal instrumen harus dilakukan dengan menggunakan sumber radionuklida yang telah diidentifikasi dan diketahui aktivitas dan kemurniannya. Seperti dijelaskan pada butir 4.4, jika memungkinkan kalibrasi seharusnya dilaksanakan dengan sumber standar dari masing-masing radionuklida yang dimaksud.

4.2.1 Geometri

Ketergantungan pengujian pada konfigurasi geometri dan komposisi wadah sumber harus dipertimbangkan di dalam prosedur kalibrasi. (Lihat IEC 583 dan 583A).

Penempatan vial kalibrasi di dalam sumur detektor harus dapat diulang untuk sistem ini. Faktor koreksi atau kalibrasi baru harus ditentukan untuk pengujian radionuklida dalam wadah yang bentuk atau ukurannya berbeda. Faktor koreksi tersebut dapat ditentukan dengan pengukuran radionuklida tertentu dalam jumlah yang sama di dalam wadah dengan geometri berbeda, dengan pengaturan volume seperlunya menggunakan larutan pengemban yang sesuai.

Faktor koreksi yang diberikan oleh pabrikan seharusnya juga diperiksa seperti yang dijelaskan di atas.

4.2.2 Rentang aktivitas

Kalibrasi peralatan seharusnya mencakup rentang aktivitas selengkap dan sepraktis yang akan digunakan untuk peralatan tersebut. Apabila radiasi latar cukup berarti dibandingkan dengan laju emisi sampel, maka aktivitas seharusnya dikoreksi.

4.2.3 Keakuratan dan kedapatulangan

Prosedur kalibrasi seharusnya dilakukan sedemikian rupa sehingga keakuratan dan kedapatulangan dari pengukuran dengan peralatan terkalibrasi berada dalam batas-batas yang dinyatakan dalam butir 4.6.

4.3 Sumber standar

Sumber standar, yang dicirikan oleh kemurnian dan aktivitas radionuklida, harus digunakan untuk kalibrasi rutin peralatan. Koreksi peluruhan sumber standar seharusnya diterapkan apabila telah melewati lebih dari 2% dari "waktu paro" yang telah terpakai.

4.3.1 Geometri sumber

Secara ideal untuk menghindari keperluan koreksi, geometri sumber standar seharusnya identik dengan geometri sumber yang akan diuji.

4.3.2 Rentang aktivitas sumber

Rentang aktivitas yang cukup seharusnya selalu tersedia untuk penggunaan. Pemilihan sumber standar seharusnya mempertimbangkan keakuratan yang disyaratkan pada rentang aktivitas radionuklida yang akan diuji.

4.3.3 Rentang energi sumber

Rentang energi emisi foton yang cukup seharusnya tercakup di dalam pemilihan sumber standar. ^{125}I (0,03 MeV), ^{57}Co (0,12 MeV), dan ^{137}Cs (0,66 MeV) adalah mewakili sumber radionuklida dari foton pada rentang energi yang biasanya digunakan.

4.4 Pengujian

Radionuklida harus diuji dalam suatu instrumen yang dikalibrasi secara benar menggunakan penyetelan radionuklida yang sudah dikalibrasi awal (*plug-in module*). Aktivitas radionuklida yang tidak mempunyai penyetelan (*module*) juga dapat diukur secara akurat relatif terhadap sumber standar dari radionuklida yang sama, dengan menggunakan penyetelan (*modul*) yang menghasilkan pembacaan yang cukup tinggi untuk memberikan hasil yang dapat diulang.

4.5 Pengujian kinerja

Pengujian reguler dari kinerja instrumen diperlukan untuk memastikan keakuratan pengujian

4.5.1 Pemeriksaan sumber acuan

Pemeriksaan kalibrasi dengan menggunakan sumber acuan berumur panjang harus dilakukan dan dicatat pada setiap pergantian kerja selama peralatan digunakan. Pemeriksaan ini harus diulangi bilamana pembacaan sampel tidak berada dalam $\pm 10\%$ dari perkiraan hasil pengukuran. Disyaratkan bahwa paling tidak tersedia dua sumber acuan (misalnya $3,70-7,40 \times 10^6$ Bq (100-200 μCi) ^{137}Cs , dan $40-180 \times 10^6$ Bq (1-5 mCi) ^{57}Co dengan koreksi peluruhan yang tepat). Sumber ini dapat diselang-seling penggunaannya setiap hari untuk menguji kinerja instrumen pada rentang energi foton dan aktivitas sumber. Pemeriksaan yang demikian berfungsi untuk memverifikasi stabilitas instrumen untuk pengukuran radionuklida dimana kalibrasi telah ditetapkan namun sumber standarnya tidak selalu tersedia untuk digunakan.

4.5.2 Pemeriksaan linieritas

Pemeriksaan linieritas rentang aktivitas tinggi yang sesuai dijelaskan pada butir 6.2. Pemeriksaan ini harus dilaksanakan dan dicatat pada selang waktu yang tidak lebih dari tiga bulan.

4.5.3 Pemeriksaan latar

Pemeriksaan latar harus dilakukan dan dicatat pada setiap penggantian kerja selama instrumen digunakan.

4.5.4 Frekuensi kalibrasi

Setiap tahun, setelah perbaikan dan setelah perpanjangan periode selama tidak digunakan, kalibrasi yang dilakukan dengan menggunakan sumber standar minimal dua radionuklida yang mencakup rentang energi dan aktivitas yang dimaksud harus dilakukan dan dicatat.

4.6 Keakuratan dan kedapatulangan

Persyaratan minimum, yang berkaitan dengan keakuratan dan kedapatulangan untuk beberapa instrumen tersebut adalah sebagai berikut :

4.6.1 Keakuratan

Keakuratan instrumen, bila digunakan dengan geometri sumber yang direkomendasikan oleh pabrikan pada tingkat aktivitas di atas $3,7 \times 10^6$ Bq (100 μCi), harus berada sedemikian rupa sehingga aktivitas terukur dari suatu sumber standar seperti dijelaskan di dalam butir 3 harus dalam rentang $\pm 10\%$ dari aktivitas sumber yang sebenarnya. Keakuratan pengukuran tingkat aktivitas di bawah $3,7 \times 10^6$ (100 μCi) mungkin tidak masuk pada batas rentang $\pm 10\%$ dan seharusnya ditentukan untuk setiap instrumen yang akan digunakan untuk pengujian.

4.6.2 Kedapatulangan

Kedapatulangan untuk kesalahan acak pengukuran harus sedemikian rupa sehingga semua hasil dalam seri sepuluh pengukuran berurutan pada suatu sumber dengan aktivitas yang lebih besar dari $3,7 \times 10^6$ Bq (100 μCi) pada geometri yang sama, harus dalam rentang $\pm 5\%$ dari pengukuran aktivitas rata-rata untuk sumber itu. Diasumsikan bahwa tidak diperlukan koreksi peluruhan selama jangka waktu pengukuran.

4.6.3 Tindakan perbaikan

Apabila persyaratan keakuratan atau kedapatulangan tidak dipenuhi, maka instrumen tersebut harus dikalibrasi ulang, atau diperbaiki dan dikalibrasi ulang lagi. Apabila instrumen tersebut memperlihatkan kinerja yang tidak benar, maka hal ini harus diperbaiki dan dikalibrasi ulang.

5 Sumber kesalahan

Sumber kesalahan yang umum dalam pengujian radionuklida dengan kamar pengion adalah sebagai berikut:

- a) Batas ketidakpastian dalam pengkalibrasian sumber standar;
- b) Variasi geometri sampel yang akan diuji (lihat butir 4.2.1);
- c) Variasi radiasi latar (terutama untuk pengukuran aktivitas rendah);
- d) Adanya zat pengotor radionuklida (lihat butir 6.3);
- e) Perubahan pada atenuasi karena variasi pada ketebalan dinding wadah atau material (lihat butir 6.4 dan butir 6.5);
- f) Ketidakteraturan distribusi radioaktivitas pada sumber (lihat butir 6.6 dan butir 6.7);
- g) Ketidaklinieran instrumen; dan
- h) Ketidakstabilan instrumen.

6 Hal-hal yang perlu diperhatikan

Beberapa lingkup utama dimana dialami penyimpangan dengan peralatan jenis ini adalah sebagai berikut:

6.1 Pengujian radionuklida dimana tidak ada standar atau penyetelan kalibrasi

Pengguna harus mempertimbangkan semua sinar gamma dan emisi foton lainnya (termasuk *bremsstrahlung*) dan semua kontribusi partikel beta pada radiasi yang dipancarkan dari wadah pada waktu melakukan pengujian suatu radionuklida dimana tidak tersedia penyetelan radionuklida kalibrasi awal (*plug-in module*), atau jika tidak tersedia sumber standar. Pemahaman mengenai tanggapan energi dari kamar pengion juga perlu, terutama apabila ada energi kurang dari 150 keV didalam skema peluruhan. Umumnya, pabrikan seharusnya dikonsultasi untuk mendapatkan saran mengenai pengukuran tersebut.

6.2 Efek ketidaklinieran

Efek ketidaklinieran pada tingkat aktivitas sangat tinggi merupakan karakteristik dari peralatan jenis ini dan langkah-langkah seharusnya diambil untuk melindungi terhadap kesalahan akibat dari efek tersebut. Hal ini penting bahwa instrumen harus diperiksa terhadap aktivitas pada bagian atas dari rentang penggunaan yang ditetapkan untuk suatu radionuklida.

6.2.1 Pemeriksaan ketidaklinieran

Kelinieran instrumen dapat diperiksa dengan melakukan pengujian aktivitas maksimum yang mungkin akan digunakan, selanjutnya peluruhan aktivitas sumber sampai aktivitas yang terukur berada pada rentang aktivitas dimana alat telah dikalibrasi dengan benar (apabila diperlukan koreksi terhadap radiasi latar dapat dilakukan). Radionuklida yang cocok

untuk tujuan ini adalah ^{99m}Tc . Dengan asumsi bahwa pengukuran akhir adalah benar, koreksi peluruhan diterapkan terhadap pengukuran lebih awal, dan simpangan pengukuran peluruhan terkoreksi dari pengukuran akhir dapat ditentukan. Simpangan ketidaklinieran seharusnya tidak boleh lebih besar dari $\pm 5\%$. Jika ketidaklinieran terdeteksi lebih besar dari $\pm 5\%$ di atas tingkat aktivitas tertentu, maka pengukuran pada atau di atas tingkat ini tidak dapat dipercaya dan alat harus diberi tanda. Jika pengukuran yang akurat di atas tingkat tersebut diperlukan, sedangkan kondisinya tidak dapat diperbaiki, maka faktor koreksi untuk masing-masing radionuklida dan geometri harus dikembangkan.

6.2.2 Pemeriksaan ketidaklinieran (metode alternatif)

Ukurlah aktivitas tertinggi yang kemungkinan besar digunakan, bagilah menjadi dua bagian dan ukur kedua bagian tersebut (imbangi perubahan volume dengan menambahkan pelarut yang tepat apabila diperlukan). Bandingkan bagian total dengan bacaan aslinya, koreksilah terhadap peluruhan. Efek ketidaklinieran yang lebih dari $\pm 5\%$ harus diatasi seperti pada 6.2.1.

6.3 Pengotor radionuklida

Adanya pengotor radionuklida dapat mengakibatkan kesalahan pengujian yang besar, terutama selama pengukuran radionuklida umur pendek, beberapa waktu paro setelah persiapan awal. Penentuan aktivitas pengotor relatif dan tanggapan mungkin diperlukan jika pengujian yang akurat dilakukan.

6.4 Pemancar partikel beta

Bila pengukuran radionuklida pemancar partikel beta dengan instrumen tipe ini, wadah menjadi sangat penting. Pengukuran sumber dengan radionuklida dan aktivitas yang sama akan sangat bervariasi terhadap komposisi wadah (misalnya gelas dibanding plastik) dan ketebalan dinding. Pengukuran tersebut tergantung pada ukuran *bremsstrahlung* yang dihasilkan oleh perlambatan partikel beta di dalam bahan wadah. Pengukuran dapat diulang bergantung pada pemilihan wadah yang konsisten dan konsistensi pada cara penggunaan instrumen yang digunakan.

6.5 Pemancar foton energi rendah

Sumber foton energi rendah (contoh ^{125}I) mungkin diuji secara tidak benar kecuali pemilihan wadah dilakukan dengan cermat. Ketebalan dinding wadah dan juga ketebalan dinding bagian dalam dari detektor dapat menghasilkan faktor atenuasi yang cukup berarti untuk foton energi rendah. Variasi yang besar pada volume larutan atau komposisi wadah juga dapat memberikan hasil yang salah, disebabkan variasi penyerapan foton energi rendah tersebut dalam larutan atau wadah.

6.6 Radionuklida gas terlarut

Pengguna harus bersikap waspada terhadap kemungkinan sumber kesalahan dalam pengukuran larutan radioaktif yang cenderung tidak stabil sampai tahap dimana bagian dari radionuklida bisa berada di dalam fasa gas (misalnya ^{133}Xe dalam air garam). Hasil bacaan akan sangat bergantung pada pembentukan partisi radionuklida antara fasa gas dan fasa larutan yang terjadi di dalam suatu situasi demikian. Bacaan yang meragukan dalam hal ini dapat diperiksa dengan memindahkan cairan dari vial melalui sekat (*septum*) karet dengan alat suntik. Pengukuran pada vial setelah cairan dipindahkan akan menunjukkan perkiraan kuantitas aktivitas gas yang ada.

6.7 Penempelan (*plate out*) radionuklida

Kehati-hatian harus diberikan dalam pengukuran radionuklida yang memperlihatkan kecenderungan mengalami penempelan lapis pada dinding atau tutup wadah. Fenomena ini dapat mempengaruhi pengukuran karena perubahan pada geometri maupun pada faktor serapan (absorpsi) internal. Pengulangan pengukuran pada vial setelah cairan dipindahkan akan menghasilkan data yang dapat digunakan untuk menentukan aktivitas netto yang dipindahkan atau untuk memperkirakan fraksi yang menempel.

6.8 Sumber simulasi

Walaupun dapat berguna sebagai sumber pemeriksaan, sumber simulasi pada umumnya tidak direkomendasikan untuk maksud kalibrasi aktivitas. Sumber tersebut, biasanya merupakan campuran radionuklida umur panjang yang dipilih untuk menghasilkan suatu pendekatan spektrum foton dari radionuklida yang disimulasi, mungkin tidak menghasilkan data kalibrasi yang akurat dalam kaitannya dengan arus ionisasi. Juga, bagian komponennya dapat mengalami peluruhan pada laju yang berbeda













BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3,4,7,10
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : bsn@bsn.go.id